

CLIPPEDIMAGE= JP411317618A

PAT-NO: JP411317618A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11317618 A

TITLE: PHASED-ARRAY ANTENNA RADIATION SYSTEM

PUBN-DATE: November 16, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

SHIBUYA, YUZO

COUNTRY

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

JAPAN RADIO CO LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP10136105

APPL-DATE: April 30, 1998

INT-CL (IPC): H01Q021/06;H01Q003/30

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress fluctuations in beam orientation due to heat generation of a module in an phased-array antenna.

SOLUTION: A modules 3 which transmit a phase control signal that excites antenna elements arranged on an array plane 2 are arranged in a phased-array antenna 1, corresponding to the antenna elements, and a phase for beam formation is fluctuated by heat generation of the modules 3 and an error occurs in beam orientation. In this case, effects owing to the heat generation the modules 3 is suppressed in such a manner that a pair of left and right metallic plates 4, including a heat pipe attached to the respective modules 3 to remove heat to both edge parts of the array plane is arranged on each stage of the

modules 3, both edge parts of the plates 4 connect heat sinks 5, further, variable speed blowers 6 cool the sinks 5 and that a temperature distribution due to the heat generation the modules 3 on the plane 2 has a symmetry either horizontally or vertically with respect to the array plane center.

COPYRIGHT: (C) 1999, JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-317618

(43)公開日 平成11年(1999)11月16日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

H 0 1 Q 21/06  
3/30

識別記号

F I

H 0 1 Q 21/06  
3/30

審査請求 未請求 請求項の数 4 FD (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平10-136105

(22)出願日 平成10年(1998)4月30日

(71)出願人 000004330

日本無線株式会社

東京都三鷹市下連雀5丁目1番1号

(72)発明者 渋谷 裕三

東京都三鷹市下連雀5丁目1番1号 日本  
無線株式会社内

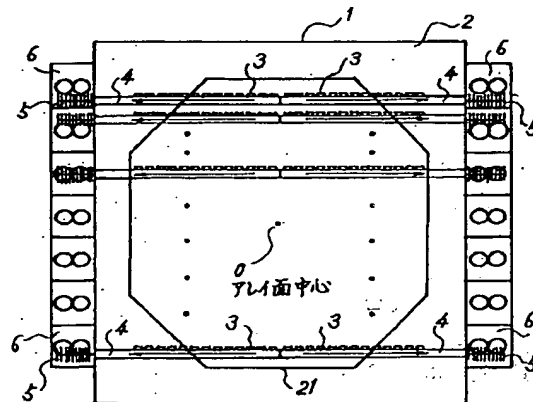
(74)代理人 弁理士 八幡 義博

(54)【発明の名称】 フェーズドアレイ空中線放熱方式

(57)【要約】

【課題】 フェーズドアレイ空中線におけるモジュールの発熱による形成ビーム指向方向変動の抑圧。

【解決手段】 フェーズドアレイ空中線 1 にはアレイ面 2 に配列するアンテナ素子を励振する位相制御用の信号を送出するモジュール 3 がアンテナ素子に対応して配列され、これらモジュール 3 の発熱によってビーム形成のための位相量変動し、ビーム指向方向に誤差を生ずる。本発明はモジュール 3 のそれぞれに密着してそれらの発熱をアレイ面両端に移動させるヒートパイプ内包の左右 1 対の金属プレート 4 をモジュール 3 の各段ごとに配置し金属プレート 4 の両端部はヒートシンク 5 を結合しさらにヒートシンク 5 を回転数可変可能なブロワ 6 で冷却し、アレイ面 2 におけるモジュール 3 の発熱による温度分布がアレイ面中心に対し水平、垂直方向何れも対称性を有するようにしてモジュール 3 の発熱による影響を抑圧する。



1: フェーズドアレイ空中線

2: アレイ面

3: モジュール

4: 金属プレート

5: ヒートシンク

6: ブロワ

21: アンテナ素子配列領域

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 次の(イ)ないし(ニ)に示す各構成を備え、アレイ面に配設した配列アンテナ素子を制御位相で励振すべく配列アンテナ素子の近傍にアンテナ素子のそれぞれに対応して水平及び垂直方向に配設した複数のモジュールの温度上昇による位相変動によってもたらされるビーム指向角の変動を、前記複数のモジュールの発熱を、アレイ面上での発熱による温度分布ボタンで表現し、アレイ面上でのアレイ面中心から水平方向の左右及び垂直方向の上下に生起する前記温度分布ボタンの対称性を確保するようにして複数のモジュールの発熱を冷却し放熱せしめることにより抑圧することを特徴とするフェーズドアレイ空中線放熱方式。

(イ) 水平方向に配列したモジュールに密着してモジュールの配設中心から水平方向左右に1対ずつ水平方向の配列モジュール段ごとに配設され、内部に熱の移動路としてのU字形管状の第1のヒートパイプを、水平方向のアレイ側端に近い方が開放端となるように配設して成る板状の熱良導体部材による複数の金属プレート

(ロ) 前記複数の金属プレートに形成した第1のヒートパイプの開放端に嵌入可能な外径の開放端を有する熱良導体部材で形成した金属製のU字形管状のパイプであって、前記第1のヒートパイプに嵌入して長楕円形状の閉管を形成し、該閉管を複数のモジュールによる発熱をアレイ左右の側端方向に移動せしめるヒートパイプとする第2のヒートパイプ

(ハ) 前記第2のヒートパイプを密着内包するチェンバを内設し、前記第2のヒートパイプを嵌入結合した前記第1のヒートパイプを有する前記金属プレートとの密着結合を可能として前記金属プレート並びに前記第1及び第2のヒートパイプを介して移動する前記モジュールの発熱を吸収すべく水平方向の配列モジュール段ごとに左右に1対ずつ配設される複数のヒートシンク

(ニ) 前記複数のヒートシンクのそれぞれの吸収した熱を冷却すべく、水平方向の配列モジュール段毎に左右に1対ずつ配設して前記複数のヒートシンクのそれぞれに対する冷却風を送風して冷却し、且つ回転数可変として前記ヒートシンクに対する冷却効果可変可能な複数のプロワ

【請求項2】 前記金属プレートが、水平方向に上下に2分した上方プレートと下方プレートとを対面結合して形成するものであり、且つ前記第1のヒートパイプは、前記上方プレートと下方プレートのそれぞれの結合面上に穿設した、断面が半円状の溝状空間としての半U字形構造を相接合してU字形管状に形成する構成を有するものであることを特徴とする請求項1記載のフェーズドアレイ空中線放熱方式。

【請求項3】 アレイ面での温度分布ボタンの示す温度傾斜のアレイ面中心に対する対称性が、水平方向にあっては、アレイ面中心を最高温度としてアレイ面の左右方

向両端までそれぞれ所定の冷却効果に対応した傾斜で直線的且つ対称的に低下する温度低下特性を有するものであることを特徴とする請求項1記載のフェーズドアレイ空中線放熱方式。

【請求項4】 アレイ面での温度分布ボタンの示す温度傾斜のアレイ面中心に対する対称性が、垂直方向にあっては、前記複数のプロワのそれぞれの回転数調節に基づいて、アレイ面中心を最高温度として、アレイ面の垂直方向両端までそれぞれ所定の冷却効果に対応した傾斜で直線的且つ対称的に低下するか、もしくは傾斜を持たない一定状態の対称性を有するものであることを特徴とする請求項1記載のフェーズドアレイ空中線放熱方式。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はフェーズドアレイ空中線放熱方式に関し、特にアレイアンテナの各アンテナ素子に給電する信号の位相をアンテナ素子対応のモジュールにより電子的に変えて形成ビームの走査を可能とするフェーズドアレイ空中線において、モジュールの発熱でもたらされるアレイ面での温度分布ボタンの示す温度傾斜の、アレイ面中心に対する左右、上下方向の対称性の確保に基づいてビーム指向方向の変動を抑圧することを可能としたフェーズドアレイ空中線放熱方式に関する。

## 【0002】

【従来の技術】アレイアンテナの各アンテナ素子に給電する信号の位相をアンテナ素子対応のモジュールで設定制御してビームを形成し走査する電子走査式のフェーズドアレイ空中線は、各種のレーダ装置や通信装置等で多用されている。アレイアンテナを構成する、通常マトリックス状に所定のアンテナ素子配列領域に配列したアンテナ素子と、これら各アンテナ素子に対応して配設されるモジュールとは、互いに近接してアンテナ面を形成する取付構造体に取り付けられる。アンテナ素子を配列したアレイ面は、配列モジュールの発熱によって温度分布を生ずるが、その分布ボタンには温度傾斜勾配を生じ、また、このような温度傾斜をもたらすモジュールの発熱は、それぞれのモジュールが提供すべき位相量に上昇温度対応の変動をきたし、このため形成ビームの指向角に誤差を与えることとなる。このような背景から、配列モジュールによる発熱を冷却して形成ビームの指向角の変動を抑止しようとする手段が講じられてきた。

【0003】図9は、従来のフェーズドアレイ空中線放熱方式の第一例の構成を示す正面図である。図9に示すフェーズドアレイ空中線放熱方式は、モジュールを空冷式で冷却する構成を有し、フェーズドアレイ空中線1は、図示しないアレイ素子をアンテナ素子配列領域21にマトリックス状に配列するアレイ面2と、アレイ面2に配列したアレイ素子に隣接して近接後方にアレイ素子対応でマトリックス状に配設される複数のモジュール3

と、これら複数のモジュール3の発熱を冷却するための送風を行うためアレイ面2の垂直方向の上方と下方とに、それぞれ所定の冷却効果に基づいて予め設定する数を並置したブロワ6a及び同6bとを備える。

【0004】図9に示す空冷式の冷却処理では、図示しない冷却機から提供される冷気をブロワ6aと6bとによって、風向W<sub>2</sub>に示す如くアレイ面2の後方のモジュール3の下方から上方へと流通せしめてモジュール3を冷却するものである。この流通方向は、送風効率を配慮し常時下から上に向けた方向が採られる。このような冷却処理による冷却の下で得られるアレイ面の温度分布パターン、即ち配列モジュールの発熱に対する冷却結果の分布パターンは、図11に示す如く、水平方向では図11の(b)に示す如く、図11の(a)に示すアレイ面中心O、従ってモジュールの配列中心に対して水平方向の左右が直線的且つ対称的に低下する温度傾斜を有するものとなっている。この場合、アレイ面中心Oで最高温度を示すことは、モジュール3の配列中心でもあり周囲がすべてモジュールであるアレイ面中心Oと、周囲が空気に囲まれた左右両端とでは、同じ冷却状態におかれても放熱度合が異なってアレイ中心に近づくほど直線的に増大することによる。

【0005】また、垂直方向では、図11の(c)に示す如く、アレイ面での温度傾斜は、垂直方向の下方から上方に向かう程高温となる温度傾斜を呈する。このような温度傾斜は、ブロワによる冷却風の流通がアレイ面の下方から上方へと略垂直に行われるので、流通する冷却風が上に行く程発熱による影響を増大しつつ受け、冷却効果がアレイ面の下方から上方に向かって線形に漸減していくことによる。

【0006】かくして、空冷方式を採用する従来のフェーズドアレイ空中線にあっては、水平方向での温度分布パターンはアレイ中心を頂点として左右対称な温度傾斜、また垂直方向ではアレイ垂直下方から垂直上方へ、ある傾きで増大する温度傾斜を呈することとなる。なお、上述した温度傾斜の度合は、フェーズドアレイ空中線の設計諸元、選定部品の種類、運用環境並びに条件等の各条件に対応して一義的に決定される値となる。ところで、上述した水平方向と垂直方向の温度傾斜のうち、アレイ面中心に対して左右対称な水平方向の温度傾斜の影響は、アレイアンテナによる合成ビームの指向方向には、上昇温度対応のモジュール位相変化が、後述して詳述する如く、ビームの単一指向性形成を阻害する程甚だしいもので無い限り、影響を与えないで済むが、中心に対して上下非対称な垂直方向の温度傾斜の影響は、合成ビームの指向方向に無条件に影響を与えてビーム角誤差を生ずることが避けられない。

【0007】図10は、従来のフェーズドアレイ空中線放熱方式の第二例の構成を示す正面図である。図10に示すフェーズドアレイ空中線放熱方式は、モジュールを

液冷式で冷却する構成を有し、フェーズドアレイ空中線1のアレイ面2の後方には、図示しないモジュールに、例えば後方から密接して冷却パイプ11の蛇管111を配設し、この蛇管111内を2重矢印で示す方向に冷却液を還流させる。このような冷却液の還流は、還流後の温度上昇した冷却液を熱交換により冷却して送出する熱交換機14と、熱交換機14の送出する冷却液をろ過するフィルタ15と、蛇管111を含む冷却パイプ11と、冷却後の冷却液を一時蓄積する冷却液タンク12と、冷却液タンク12の冷却液を熱交換機14に圧送するポンプ13とを備えて行われ、かくして行われる冷却液の還流によってモジュールの発熱に対する冷却が確保される。

【0008】上述した冷却液の還流は、冷却液を上方から下方に冷却パイプで流しているが、この冷却液は下方から上方に流すことも可能である。この場合のアレイ面の温度分布にも、水平方向は左右の対称性を有するが、垂直方向は冷却液の上下方向の流通による、空冷式の場合に準じた、上下非対称な垂直方向の温度傾斜が現れることは前述した空冷式の場合と同様である。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 前述した従来の空冷式及び液冷式いずれの冷却方式による冷却処理を施すフェーズドアレイ空中線放熱方式であっても、アレイ面の垂直方向の温度分布パターンは、アレイ中心から上下非対称な温度傾斜を有するものとなり、これによってアンテナ各素子に印加すべき信号の位相量の変化が、形成すべきビームの指向方向に誤差をもたらすという問題点がある。

【0010】また、液冷式によって冷却処理を行う場合には、冷却パイプの引き回しを考慮して垂直方向の上下非対称な温度傾斜の生起を回避することも可能ではあるが、機械的構成を主体とするシステム構成の複雑化と重量の増大を招き、保守性の低下も避けられない。さらに、覆域増大等を考慮して回転可能なフェーズドアレイ構成とする場合には、冷却液を流通可能とする特殊な回転機構が必要となるという問題点がある。

【0011】上述した問題点を、更に詳述すれば次のとおりである。図8は、アレイ面の温度分布がアレイ面中心に対して非対称な温度傾斜を有する場合のビーム指向角に対する影響の説明図である。図8は、アレイ配列中心に垂直方向が指向中心となるようにビームを形成する場合を例とし、水平方向の配列アレイを対称とし、且つ説明の便を図ってそれぞれ同位相で励振される場合を例とし、従って配列アンテナ素子の垂直方向が形成ビームの指向方向となる場合を例としている。図8の(a)に示す如く、横軸で示すアレイ面位置に水平方向配列アンテナ素子が配列中心のアンテナ素子の0を中心として等間隔で右方向にはアンテナ素子1, 2, 3, …, n-1, n個、また左方向にはn個のアンテナ素子-1, -

2, -3, …… , -n+1, -nが配列されて同位相で励振されるものとし、これらアレイ素子に対応するモジュールの発熱に対して冷却を施した結果、アレイ面の温度分布パターンは、図8の(a)のアレイ面温度分布 $t_2$ で示す如く、アレイ素子配列中心に対して左右非対称な右肩上がりの直線的な温度傾斜のアンテナ素子温度を呈するものとなったとする。

【0012】このようなアレイ面温度分布 $t_2$ をもたらずモジュールの位相分布は、元来一様であるべきものが、図8の(b)に示す如く、上昇温度対応の図8の(a)と同じ傾向のアレイ面位相分布 $p_2$ という左右非対称なものとなる。このような位相変動を受けたアンテナ素子の放射電波による等位相面は、図8の(c)に示す如く、図8の(b)のアレイ面位相分布 $p_2$ に対応して右肩上がりの等位相面 $f_2$ として表現される。さて、このような等位相面 $f_2$ を持つアンテナ素子ごとの放射電波によって空間的に合成される放射ビームは、位相変動が無い場合はアレイ面中心に垂直なY軸方向となるのに対し、この場合は左右非対称な等位相面 $f_2$ に垂直な方向となって図8の(c)に示す $\Delta\theta$ の指向角誤差を含むものとなる。

【0013】図8の(d)に示すアレイ指向性パターン $d_2$ は、このようなビーム放射方向のずれ量 $\Delta\theta$ に対する中心角度のずれを含むものとなる。配列アレイから、合成放射電波が平面波と見做し得る十分遠方の受信点では、モジュールの温度上昇によって、このようなビーム指向角の誤差がもたらされるのである。

【0014】本発明の目的は、上述した問題点を解決し、アレイ面における水平方向並びに垂直方向の温度分布パターンにおける温度傾斜が、水平方向にあってはアレイ面中心に対して左右の対称性を有し、垂直方向にあってはアレイ面中心に対して上下の対称性を有するか、もしくは温度傾斜の無い同一の温度分布パターンを確保する冷却手段を備えた簡素な構成のフェーズドアレイ空中線放熱方式を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】上述した目的を達成するため、本発明は次の手段構成を有する。即ち、本発明のフェーズドアレイ空中線放熱方式は、アレイ面に配設した配列アンテナ素子を制御位相で励振すべく配列アンテナ素子の近傍にアンテナ素子のそれぞれに対応して水平及び垂直方向に配設した複数のモジュールの温度上昇による位相変動によってもたらされるビーム指向角の変動を、前記複数のモジュールの発熱を、アレイ面上での発熱による温度分布パターンで表現し、アレイ面上でのアレイ面中心から水平方向の左右及び垂直方向の上下に生じる前記温度分布パターンの対称性を確保するようにして複数のモジュールの発熱を冷却し放熱せしめることにより抑圧することを特徴とするフェーズドアレイ空中線放熱方式であって、次に示す(イ)ないし(ニ)の各構成

を備える。

(イ) 水平方向に配列したモジュールに密着してモジュールの配設中心から水平方向左右に1対ずつ水平方向の配列モジュール段ごとに配設され、内部に熱の移動路としてのU字形管状の第1のヒートパイプを、水平方向のアレイ側端に近い方が開放端となるように配設して成る板状の熱良導体部材による複数の金属プレート

(ロ) 前記複数の金属プレートに形成した第1のヒートパイプの開放端に嵌入可能な外径の開放端を有する熱良導体部材で形成した金属製のU字形管状のパイプであって、前記第1のヒートパイプに嵌入して長楕円形状の閉管を形成し、該閉管を複数のモジュールによる発熱をアレイ左右の側端方向に移動せしめるヒートパイプとする第2のヒートパイプ

(ハ) 前記第2のヒートパイプを密着内包するチェンバを内設し、前記第2のヒートパイプを嵌入結合した前記第1のヒートパイプを有する前記金属プレートとの密着結合を可能として前記金属プレート並びに前記第1及び第2のヒートパイプを介して移動する前記モジュールの発熱を吸収すべく水平方向の配列モジュール段ごとに左右に1対ずつ配設される複数のヒートシンク

(ニ) 前記複数のヒートシンクのそれぞれの吸収した熱を冷却すべく、水平方向の配列モジュール段毎に左右に1対ずつ配設して前記複数のヒートシンクのそれぞれに対する冷却風を送風して冷却し、且つ回転数可変として前記ヒートシンクに対する冷却効果可変可能な複数のブロウ

【0016】また、本発明のフェーズドアレイ空中線放熱方式は、前記金属プレートが、水平方向に上下に2分した上方プレートと下方プレートとを対面結合して形成するものであり、且つ前記第1のヒートパイプは、前記上方プレートと下方プレートのそれぞれの結合面上に穿設した、断面が半円状の溝状空間としての半U字形構造を相接合してU字形管状に形成する構成を有する。

【0017】また、本発明のフェーズドアレイ空中線放熱方式は、アレイ面での温度分布パターンの示す温度傾斜のアレイ面中心に対する対称性が、水平方向にあっては、アレイ面中心を最高温度としてアレイ面の左右方向両端までそれぞれ所定の冷却効果に対応した傾斜で直線的且つ対称的に低下する温度低下特性を有するものとした構成を有する。

【0018】また、本発明のフェーズドアレイ空中線放熱方式は、アレイ面での温度分布パターンの示す温度傾斜のアレイ面中心に対する対称性が、垂直方向にあっては、前記複数のブロウのそれぞれの回転数調節に基づいて、アレイ面中心を最高温度として、アレイ面の垂直方向両端までそれぞれ所定の冷却効果に対応した傾斜で直線的且つ対称的に低下するか、もしくは傾斜を持たない一定状態の対称性を有するものとした構成を有する。

【0019】

【発明の実施の形態】フェーズドアレイ空中線では、アレイ面に配列したアンテナ素子のそれぞれにモジュールから供給する信号の位相を適宜設定して所望の指向性を有するビームを指向合成している。モジュールは、アンテナ素子のそれぞれに対応してアンテナ素子の近傍に複数配列され、それぞれ設定された位相を有する信号を送出することによりアンテナアレイによるビーム合成を行っているが、この場合、各モジュールの発熱によって、モジュール配列面、従ってアレイ素子を配列したアレイ面には温度分布が生起する。アレイ面に温度分布を生起せしめるモジュール群による発熱は、各モジュールの設定位相量、即ち各アンテナ素子に印加される信号の位相量に変化を与えることになり、この位相量の変化は、温度分布パタンの内容如何によっては、具体的には、アレイ面中心に対する左右及び上下方向の温度傾斜が非対称の場合は、アレイ面上に形成すべきビームの指向角に誤差をもたらす。モジュールの発熱による、このような影響を抑圧するため、フェーズドアレイ空中線には、前述した空冷式もしくは液冷式いずれかを利用する冷却処理が施されている。

【0020】プロワによってアレイ面の垂直方向の下方から上方に向けて冷気を送風する空冷式にあっては、水平方向でのアレイ面中心に対する左右の温度傾斜の対称性は確保されるものの、垂直方向でのアレイ面中心に対する上下の温度傾斜は非対称となり、ビームの指向角に誤差を発生させることとなる。一方、冷却配管中に冷却液を循環させる液冷式にあっては、アンテナ面に対して冷却液を上下方向（上から下もしくは上から上）で流すのが一般的であるため、垂直方向でのアレイ面中心に対する温度傾斜の対称性は得られず、また対称性を確保しようとして冷却配管の引き回しを工夫すると構成が複雑化し重量増大を招き保守性も低下する。また、アレイアンテナに回転機能を付与する場合には特殊な回転機構が必要となるという問題点があった。

【0021】本願発明では、空冷式と水冷式とを適宜組み合わせ、モジュールの発熱によるビーム指向角度に対する影響を、モジュールの発熱によるアレイ面の温度分布パタンのアレイ中心に対する水平方向及び垂直方向の対称性の有無を評価尺度として捉え、アレイ面の垂直方向でも温度分布パタンの温度傾斜が対称性を有するか、もしくは温度傾斜を生じない冷却を施すことが可能な簡素な構成のフェーズドアレイ空中線を実現している。

【0022】図1に示す如く、水平方向の冷却としては、モジュール3の水平方向の配列段ごとに、アレイ面中心から水平方向左右にヒートパイプを内設した金属プレート4を配設し、この金属プレート4の左右端にはそれぞれ、熱吸収部材としてのヒートシンク5を、金属プレート4の内設する第1のヒートパイプ、並びに、この第1のヒートパイプと結合する第2のヒートパイプで構

成するヒートパイプとの密接結合を確保する状態で結合し、かくしてヒートパイプを含む金属プレート4とヒートシンク5とにより液冷式の冷却（放熱）処理を確保している。金属プレート4に対応して配設されるヒートシンク5のそれぞれは、回転数変更設定可能な、従って冷却効果変更設定可能な空冷式の冷却効果を実現するプロワ6によって、垂直方向の温度分布が一様で温度傾斜が生じないか、もしくはアレイ面中心に対して上下対称性を有する温度傾斜を有する温度分布となるように適宜冷却される。

【0023】このようにして、アレイ面上には、水平及び垂直何れ方向においても、ビーム指向角度誤差の生起を招くような非対称的温度傾斜を有する温度分布パタンの発生を簡素な構成で抑止することを基本的な発明の実施の形態としている。

【0024】

【実施例】次に、本発明の実施例について図面を参照して説明する。図1は、本発明の一実施例の構成を示す正面図、図2は本発明の一実施例の構成を示す側面図である。図1及び図2に示す実施例の構成は、フェーズドアレイ空中線1と、図示しないアレイ素子をマトリックス状にアンテナ素子配列領域21に配列するアレイ面2と、アレイ面2に配列するアレイ素子のそれぞれに対応してマトリックス状に配列されたモジュール3と、モジュール3の発熱をアレイ面2の左右両側端部に移動させる左右1対ずつモジュールの配列に対応して配設した熱移動体としての金属プレート4と、アレイ面2の左右両側端部に配設されて金属プレート4によってもたらされる移動熱を吸収する熱吸収部材としてのヒートシンク5と、ヒートシンク5の吸収した熱を放熱させる回転数変更設定可能なプロワ6と、プロワ6に対する冷却風の送風路としてのエアダクト9と、冷却機10とを備える。

【0025】上述した構成内容のうち、ヒートパイプを含む金属プレート4とヒートシンク5とにより液冷式の冷却効果を確保し、またプロワ6と冷却機10とにより冷却効果可変な空冷式の冷却効果を確保している。尚、冷却機10は、システム設計諸元に基づいて配置の必要の有無が予め決定される。

【0026】図3は、金属プレート4及びヒートシンク5の結合状態を示す斜視図で、金属プレート4と結合するヒートシンク5とを併記して示す。金属プレート4は、横断面が矩形的熱良導体の金属製のプレート状に構成され、且つ水平方向の配列モジュールの1/2ずつに密着し、内部に第1のヒートパイプであるU字形管状のヒートパイプ(A)7を設けてある。金属プレート4は、対面結合する上方プレート41及び下方プレート42から成り、ヒートパイプ(A)7は、これら上方プレート41と下方プレート42の対向する面に、それぞれ上半分と下半分が断面が半円状の溝状凹部を穿設して1/2ずつ形成され、上方プレート41と下方プレート42とを

合体してU字形管状の第1のヒートパイプであるヒートパイプ(A)7となる。ヒートシンク5は、複数の長方形形状の熱吸収部材を並列係合して構成され、内部にはヒートパイプ(A)7と共にヒートパイプを構成する図示しない第2のヒートパイプを内包する後述するチェンバが配設される。

【0027】図4は、図3の金属プレート4とヒートシンク5のそれぞれの内设するヒートパイプの構成を示す部分平面図(a)及び部分側面図(b)である。金属プレート4には、第1のヒートパイプとしてのヒートパイプ(A)7が、ヒートシンク5との結合端側を開端として形成される。第1のヒートパイプであるヒートパイプ(A)7の開放端には、第2のヒートパイプとしてのU字形管状のヒートパイプ(B)8が嵌入され、従ってヒートパイプ(B)8の外径は、この嵌入を可能とする寸法に設定される。ヒートパイプ(B)8は、複数の単位体の熱吸収部材を並列配置して構成するヒートシンク5に形成した内包空間としてのチェンバ41に密接内包され、かくしてヒートパイプ(A)7とヒートパイプ(B)8とにより、全体として平面的には長楕円形状の閉管の熱移動体としてのヒートパイプが形成される。こうして形成されるヒートパイプには、ヒートパイプ(A)7とヒートパイプ(B)8の嵌入結合時に、ヒートシンク5に対する密接内包を阻害しないヒートパイプ(B)8の位置に配設した吸入孔(図示せず)を介して、蒸気等の熱移動媒体が封入される。

【0028】次に、本実施例の動作について説明する。水平方向の配列段ごとのモジュール3で発生した熱は、左右1対の金属プレート4に内设した第1のヒートパイプであるヒートパイプ(A)7と、第1のヒートパイプと嵌入結合した第2のヒートパイプであるヒートパイプ(B)8とで構成するヒートパイプに伝導する。ヒートパイプの内封蒸気は、ヒートシンク5とブロウ6とによって冷却されて液化し、再びモジュール3の発熱で蒸発して気化することを繰り返しつつモジュール3を冷却する。ヒートシンク5を冷却するブロウ6には、図2に示すように冷却機10からエアダクト9を介して冷却風Cが風向W1で供給される。この場合、同一配列段のモジュール3に対しては、水平方向の左右それぞれブロウ6により同一の冷却効果が与えられる。

【0029】このように、アレイ面の水平方向では、アレイ面の中心に対して左右方向で対称的に略同一な冷却効果が得られる冷却処理が施されるので、冷却による放熱の下でアレイ面に現れる温度分布の示す温度傾斜も、アレイ中心に対して左右対称とすることができる。一方、アレイ面の垂直方向の温度傾斜について言えば、原則的にはアレイ面中心に対して上下非対称となる。このことは、水平方向に対しては液冷式で左右同等な冷却効果を得ることにより温度傾斜の対称性が得られるものの、垂直方向にあつては、モジュールの発熱が常時下方

から上方に向かって上昇する温度傾斜を形成することによって上下方向の非対称性が生起せしめられることによる。

【0030】このような垂直方向におけるアレイ中心点上下方向の温度傾斜の非対称性を排除するため、本実施例においては、配列モジュールごとに対応した各段のブロウ6の回転数を上下方向で変化せしめ、アレイ面の垂直方向にあつても、アレイ面中心に対する上下方向での温度傾斜の対称性を確保するか、もしくは上下方向同一の傾斜のない温度分布を確保する空冷式の冷却処理を行っている。

【0031】図5は、本実施例におけるアレイ面の温度分布の一例を示す図である。図5では、アレイ面の水平方向及び垂直方向いずれの方向においても、それぞれアレイ面中心Oに対して、アレイ面中心Oを最高温度として、図5の(b)と(c)に示す如く、左右と上下方向それぞれに対称的、且つ直線的に低下する温度傾斜を有する温度分布パターンを確保していることを示す。上述した温度傾斜の対称性に代えて、温度傾斜を持たない、即ち、アレイ面中心の上下方向で一様な温度分布パターン(温度傾斜ゼロ)として、形成するビームの指向角度誤差を生じないようにすることもでき、温度傾斜対称性と温度傾斜ゼロとの何れを選択するかは、構成するフェーズドアレイ空中線の構成規模、設計諸元、運用目的及び過去の運用実績、運用環境、操作性等の評価尺度に基づいて任意に設定することができる。

【0032】図6は、アレイ面の温度分布が一定な場合のビーム指向角に対する温度影響の説明図である。図6は前述した図8と同様な運用条件を前提とし、図6の(a)には、水平方向に配列したモジュールによるアンテナ各素子に対する温度パターンとしてのアレイ面温度分布 $t_1$ が水平方向の左右で同じであり、従って図6の(b)に示す如く、アレイ面位相分布 $p_1$ も水平方向の左右で同じ値となり、これに基づいて各アンテナ素子の放射電波の形成する等位相面 $f_1$ も図6の(c)に示す如く水平方向で左右同一な位相状態を保つ。図6の(c)に示す左右同一な位相状態で形成されるアレイ指向性パターン $d_1$ は、図6の(d)に示すようにアレイ素子配列面の中心に垂直な方向をメインローブの中心方向とし、全体として温度上昇による影響は現れない。

【0033】図7は、アレイ面の温度分布が、アレイ面中心対称の温度傾斜を有する場合のビーム指向角に対する影響の説明図である。図7の場合も前述した図6及び図8と同様な運用条件を前提とし、図7の(a)には水平方向に配列したモジュール3によるアンテナ各素子に対する温度パターンとしてのアレイ面温度分布 $t_2$ が、水平方向でアレイ配列中心に対して左右対称であり、このアレイ面温度分布 $t_2$ に対応するモジュール3の位相分布パターンとしてのアレイ面位相分布 $p_2$ も、図7の(b)に示す如く、アレイ配列中心に対して左右対称と



なる。

【0034】図7の(c)は、このような左右の対称性を有するように冷却する場合のアレイ面位相分布を呈する各アンテナ素子の放射電波の形成する等位相面 $f_3$ を示し、この等位相面 $f_3$ も左右対称性を有する。図7の(d)は、右側のアンテナ素子 $0 \sim n$ で形成される指向性パタンとしての $d_4$ と、左側のアンテナ素子 $0 \sim -n$ で形成される指向性パタンとしての $d_5$ とを併記して示す。アンテナ素子 $0 \sim n$ による指向性パタン $d_4$ と、アンテナ素子 $0 \sim -n$ による指向性パタン $d_5$ とを合成することにより図7の(e)に示すアレイ指向性パタン $d_3$ が得られる。

【0035】上述したように、アレイ面の温度分布パタンとして評価するモジュール3の温度分布パタンが、アレイ面中心に対して対称性を有するように冷却すれば、アレイ面中心に対して同一の温度分布パタンの場合と同様にビーム指向角を変動させないで済む。ところで、図7に示す如くビーム放射方向に対して等位相面 $f_3$ が対称性を有するように冷却し得たとしても、等位相面 $f_3$ の傾斜度が大きい場合、即ち、アレイ面位相分布 $p_3$ の傾斜度が著しく大となるような、アレイ面温度分布 $t_3$ を示す高温度のモジュールの発熱がある場合には、図7の(d)に示す2つの指向性パタンが傾斜の度合に応じて中心方向が互いに離隔し、極端な場合には図の(e)に示すアレイ指向性パタン $d_3$ が双峰特性の、いわゆるスプリットビームとなる可能性も原理的には有り得る。

【0036】しかしながら、このような問題に対しては、運用すべきフェーズドアレイ空中線の必要とする設計諸元、運用条件等を予め考慮し、予め回避する熱設計を採って実用的に差し支えないものとする事も容易に実施して対応しうことは明らかである。

【0037】こうして、水平方向に対しては液冷式、垂直方式に対しては冷却効果をモジュール配列段ごとに可変とする空冷式を組み合わせた簡素な構成のモジュール冷却方式とすることにより、アレイ面中心に対する水平方向の左右でのモジュール発熱によるアレイ面の温度分布パタンはアレイ面中心を最大とする対称性を有するものとし、アレイ面中心に対する垂直方向の上下でのモジュール発熱によるアレイ面の温度分布はアレイ面中心を最大とする対称性を有するか、もしくは上下方向で同一な分布状態として、ビーム形成における指向角度に生ずるモジュール発熱によってもたらされる角度誤差を根本的に排除することができるフェーズドアレイ空中線放熱方式を実現することができる。

【0038】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、フェーズドアレイ空中線のアレイ素子によるビーム形成に必要な位相量を設定するアレイ素子対応の各モジュールの発熱による影響を、アレイ面の温度分布パタンを評価尺度として捉え、アレイ面の水平方向では液冷式、垂直方向で

は空冷式とした冷却方式の組合せを基本とする簡素な構成を備え、アレイ面の水平方向においてはアレイ面中心に対して対照的な温度分布、垂直方向においてはアレイ面中心に対して対称的もしくは一定の温度分布を形成することにより、アンテナ素子に加わる信号の温度影響によってもたらされる位相変化をすべてアレイ面中心に対して対称的に生起せしめることができ、フェーズドアレイ空中線におけるモジュール発熱に起因するアレイ面の温度分布パタンの非対称性に起因する形成ビームの指向角度誤差を根本的に排除し得る効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例のフェーズドアレイ空中線放熱方式の構成を示す正面図である。

【図2】本発明の一実施例のフェーズドアレイ空中線放熱方式の構成を示す側面図である。

【図3】図1の金属プレート4及びヒートシンク5の結合状態を示す斜視図である。

【図4】図3の金属プレート4とヒートシンク5のそれぞれの内設するヒートパイプの構成を示す部分平面図及び部分側面図である。

【図5】本発明の一実施例のフェーズドアレイ空中線放熱方式におけるアレイ面での温度分布の一例を示す図である。

【図6】アレイ面での温度分布が一定な場合のビーム指向角に対する温度影響の説明図である。

【図7】アレイ面の温度分布がアレイ面中心対称の温度傾斜を有する場合のビーム指向角に対する温度影響の説明図である。

【図8】アレイ面の温度分布にアレイ面中心に対して非対称な温度傾斜を有する場合のビーム指向角に対する温度影響の説明図である。

【図9】従来のフェーズドアレイ空中線放熱方式の第一例の構成を示す正面図である。

【図10】従来のフェーズドアレイ空中線放熱方式の第二例の構成を示す正面図である。

【図11】図9のフェーズドアレイ空中線放熱方式におけるアレイ面での温度分布を示す図である。

【符号の説明】

1 フェーズドアレイ空中線

2 アレイ面

3 モジュール

4 金属プレート

5 ヒートシンク

6, 6a, 6b ブロワ

7 ヒートパイプ(A)

8 ヒートパイプ(B)

9 エアダクト

10 冷却機

11 冷却パイプ

12 冷却液タンク

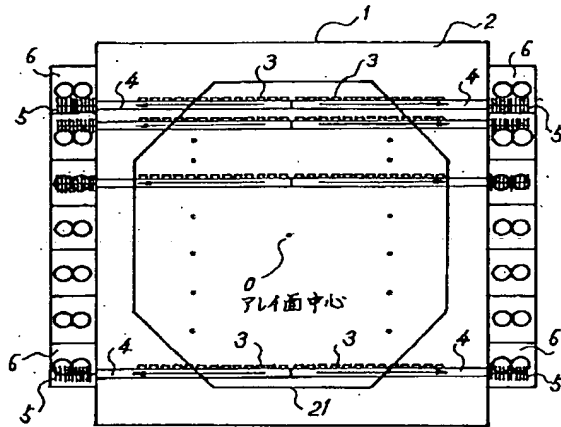
13

14

13 ポンプ  
14 熱交換機

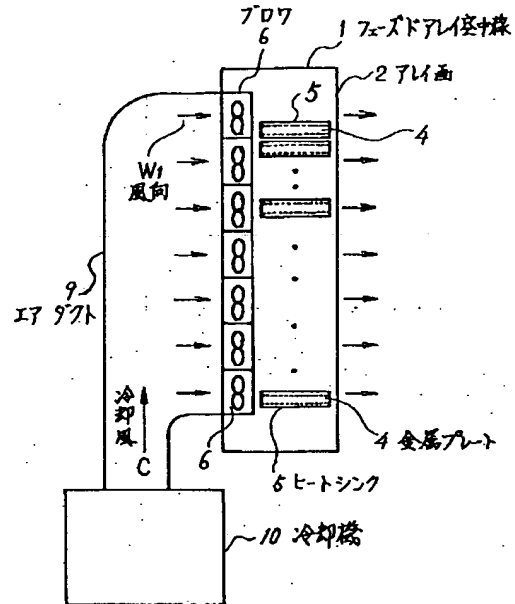
15 フィルタ  
21 アンテナ素子配列領域

【図1】

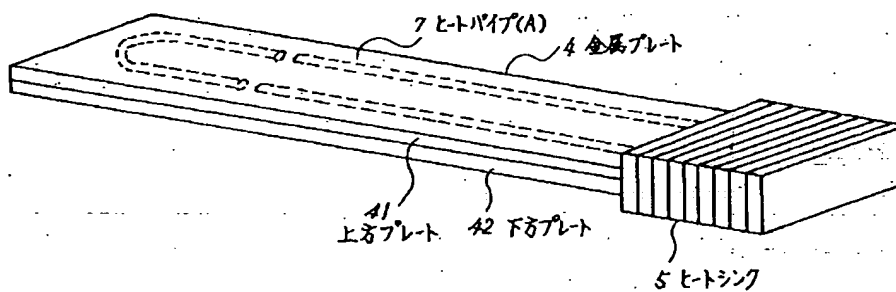


1: フェーズドアレイ筐中線  
2: アレイ面  
3: モジュール  
4: 金属プレート  
5: ヒートシンク  
6: ブロワ  
21: アンテナ素子配列領域

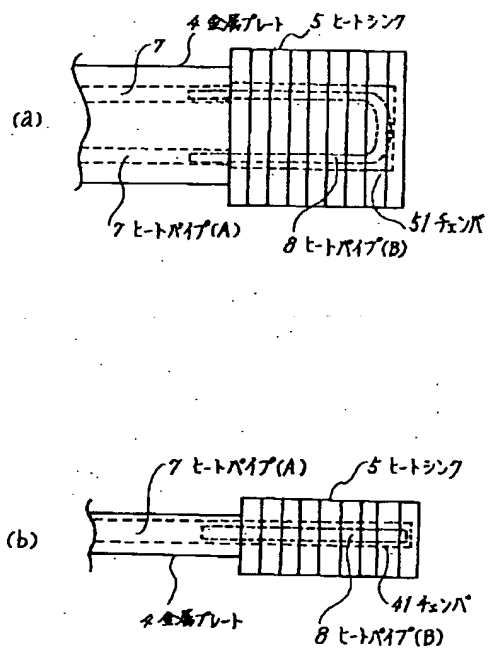
【図2】



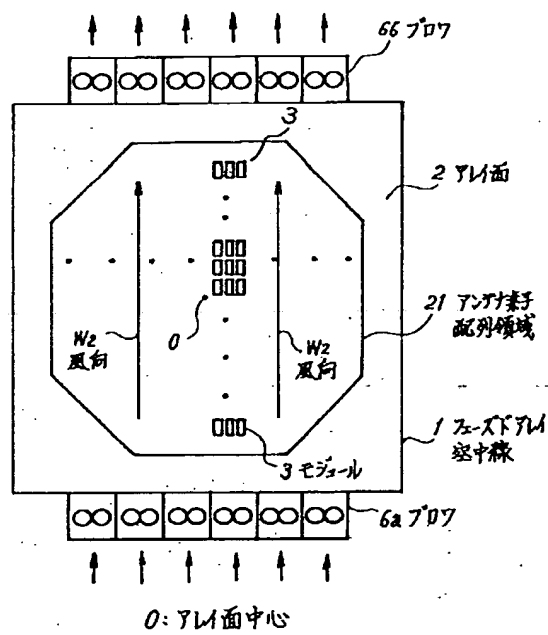
【図3】



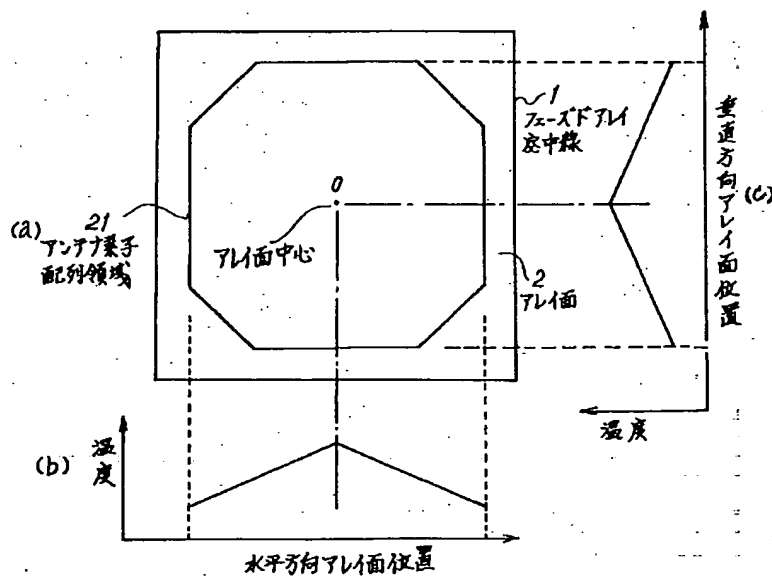
【図4】



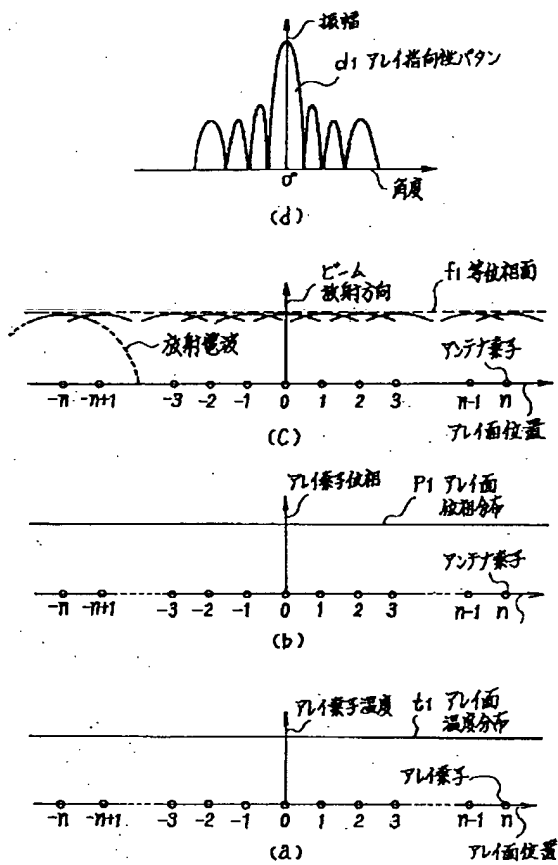
【図9】



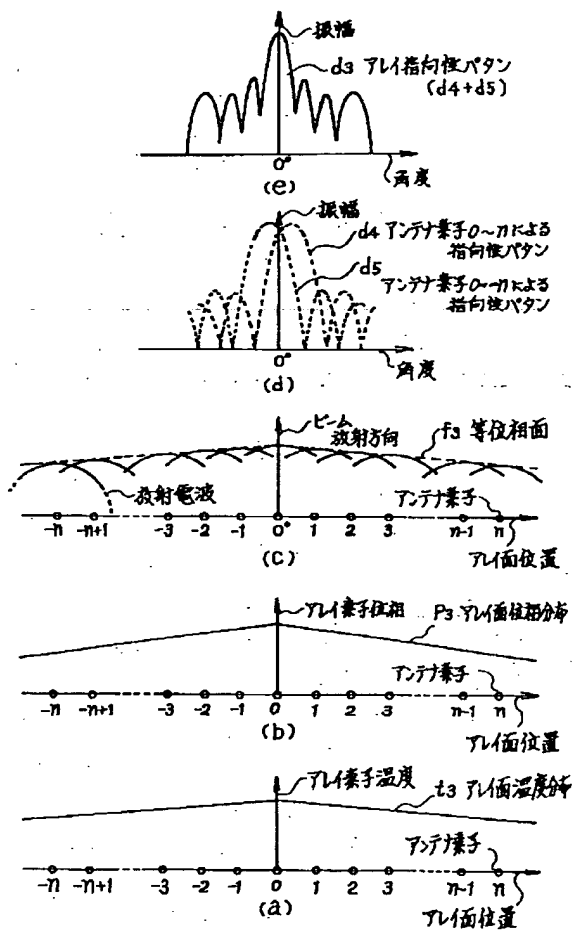
【図5】



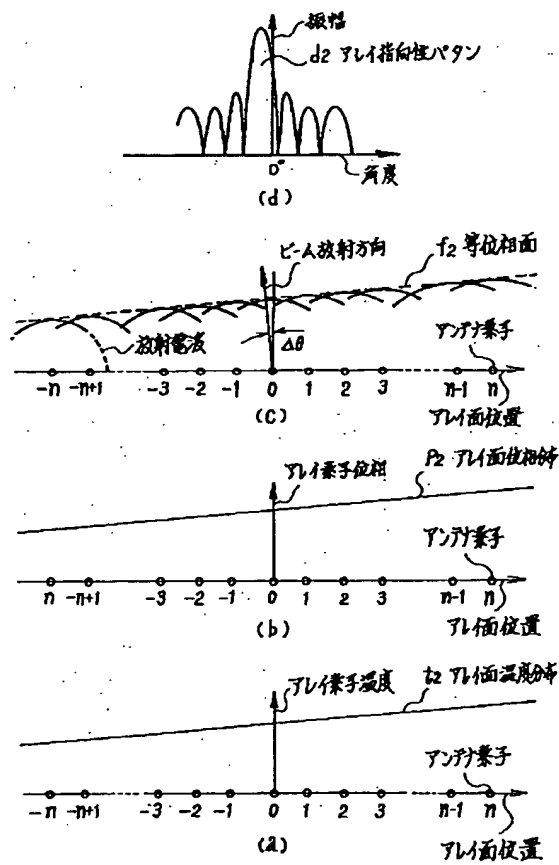
【図6】



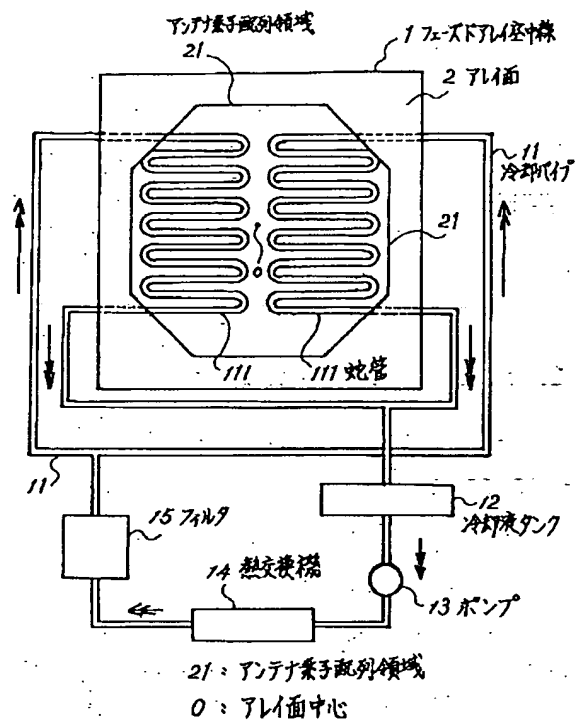
【図7】



【図8】



【図10】



【図11】

